

大樹航空宇宙実験場における新しい大気球実験場

福家 英之¹, 秋田 大輔¹, 飯嶋 一征¹, 井筒 直樹¹, 加藤 洋一¹,
河田 二郎¹, 松坂 幸彦¹, 水田 栄一¹, 並木 道義¹, 野中 直樹¹,
太田 茂雄¹, 斎藤 芳隆¹, 瀬尾 基治¹, 高田 淳史¹, 田村 啓輔¹,
鳥海 道彦¹, 山田 和彦¹, 山上 隆正¹, 吉田 哲也¹

New Balloon Base at Taiki Aerospace Research Field

By

Hideyuki FUKU¹, Daisuke AKITA¹, Issei IJIMA¹, Naoki IZUTSU¹, Yoichi KATO¹,
Jiro KAWADA¹, Yukihiro MATSUZAKA¹, Eiichi MIZUTA¹, Michiyoshi NAMIKI¹,
Naoki NONAKA¹, Shigeo OHTA¹, Yoshitaka SAITO¹, Motoharu SEO¹,
Atsushi TAKADA¹, Keisuke TAMURA¹, Michihiko TORIUMI¹,
Kazuhiko YAMADA¹, Takamasa YAMAGAMI¹, and Tetsuya YOSHIDA¹

Abstract: Since 1971, numerous balloons have been launched from the Japanese balloon base, the Sanriku Balloon Center (SBC). In these 37 years, balloon technologies have been developed continuously and plenty of scientific achievements have been derived. Recently, however, we have been faced difficulties to further develop Japanese balloon activities. To solve this issue, we moved the Japanese balloon base from the SBC to the Taiki Aerospace Research Field (TARF). In FY 2007, new balloon facilities were constructed and the equipments were transferred. In 2008 summer, we carried out the first series of the balloon campaign at the TARF, and succeeded in the first launch of the stratospheric balloon from the TARF.

概 要

1971年以降、日本における大気球実験は三陸大気球観測所（SBC）を拠点として推進され、幾多の気球工学技術と科学的成果を生みだしてきた。しかし昨今の様々な情勢に鑑みると、大気球実験のさらなる飛躍・発展に対する可能性という側面において、三陸大気球観測所はある種の限界に達しつつあった。そこで我々は大気球実験を一層飛躍・発展させるべく、大気球実験の国内拠点を三陸大気球観測所から大樹航空宇宙実験場（TARF）に移転した。移転は2007年度に実施し、新しい施設設備も整備した。2008年度には大気球実験を実施し、大樹航空宇宙実験場での初の大気球の飛翔実験に成功した。

重要語：科学観測用成層圏気球、気球実験場、移転、施設設備整備、気球の放球法

1. はじめに — 日本の大気球実験 —

日本における大気球実験は、東京大学宇宙航空研究所に気球工学部門が発足した1966年以降、精力的に推進されてきた。実験の実施場所は、当初、茨城県鹿島郡大洋村（現在の銚田市）や福島県原町市（現在の南相馬市）であった

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部

が、大気球実験用の専門施設の必要性が高まり、1971年、岩手県気仙郡三陸町（現在の大船渡市）に三陸大気球観測所（Sanriku Balloon Center = SBC）が開設された [1, 2]。以来、SBCは、東京大学宇宙航空研究所が文部省宇宙科学研究所となった1981年、文部科学省の所管となった2001年、そして宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙科学研究本部となった2003年を経ても尚、日本唯一の恒久的な大気球実験場として数多くの大気球実験に活用されてきた。2007年までの36年間にSBCから放球された大気球は約400機、SBC以外の国内外での実験も含めると1966年以降の日本の大気球の実績は実に約600機に上る。この間、数多くの気球工学技術が絶えず研究・開発され、また、数多くの科学的・工学的成果が挙げられてきた。

2. 移転の背景

2.1. 三陸大気球観測所における課題

SBCの施設設備は、技術的、科学的、あるいは、時代的な背景により、様々な整備、改良、更新が逐次進められてきたが、昨今、以下に述べるような、ある種の限界に達しつつあった。

2.1.1. 気球や観測器の大型化

近年、観測の高精度化に伴う観測器の大型化・大重量化が進み、飛翔高度のさらなる高高度化を望む声の高まりも相まって、気球の大型化が進んでいる（図1）。SBCの放球場は1998年に拡張された [3 - 5] もの、依然として長さは160mしかなく、諸外国の放球場に比べても決して十分に広いとは言えない（図2）。これまで、限られた敷地から大型の気球を放球する日本独自の手法が多く開発され、2003年にはB500型気球（体積50万 m^3 ）の放球に成功した実績がある [6]。しかし、B500を超えるような大型気球をSBCの放球場から安全に放球するには、やはり限界がある。

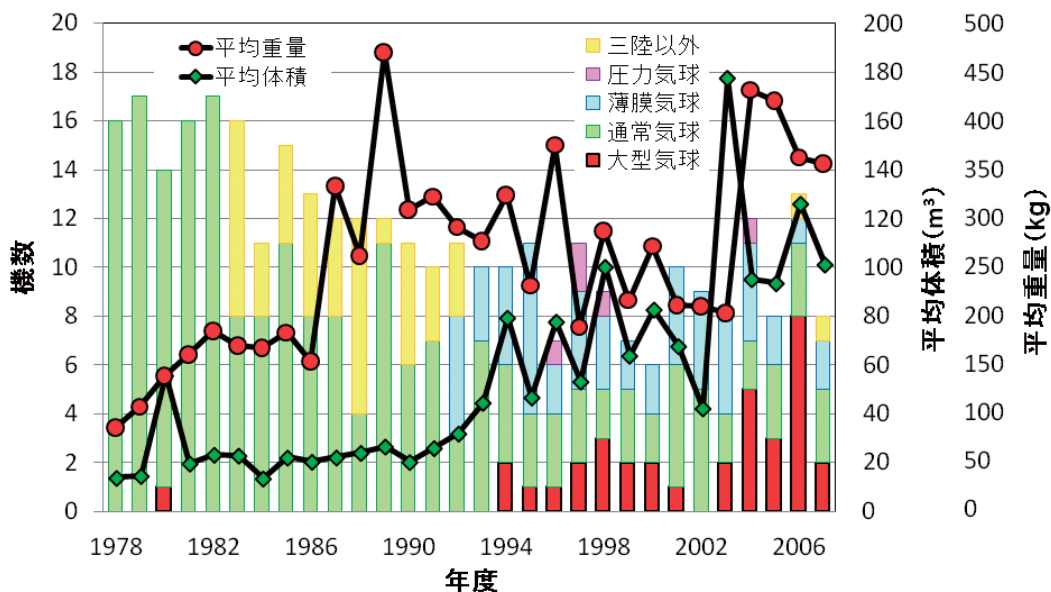


図1 過去30年間の大気球の変遷。B100（10万 m^3 ）以上の体積を持つ大型気球のSBCでの放球機数（赤い棒線）、通常気球（大型気球を含む）の平均気球体積（緑点）と平均観測器重量（赤点）。



図2 三陸大気球観測所の概観

2.1.2. ガス充填の屋内化

従来、世界的に、放球前の気球へのガス充填は屋外にて実施されている。しかし、ガス充填中の気球は形状的に不安定であり、ガス充填中に突風を受けると気球が回転したり帆を張ったりしてフィルムが損傷を受ける恐れがある。しかも、前項で述べた気球の大型化やガス浮力の増加に伴い、ガス充填に要する時間も長時間化している。ガス充填を屋内で実施すればこのリスクを抑制でき、心理的にも余裕を持てることで作業性を向上できる。また、ガス充填の屋内化により、放球に適した条件が整うまでガスを充填した状態で屋内にて待機することも可能となり、貴重な放球機会を確実に捉えることで実験日程を効率化させることも期待される。実際、SBCにおいては、新組立室 [3] の完成以降、小型の気球、とりわけ薄膜型の気球については、屋内でのガス充填作業が行われ、多くの成果が挙げられている [7]。この手法をより大きな気球についても適応可能とするべく、大きな室内空間と大型の扉や屋根を持つ建物を新設する案などが1996年頃から考えられてきた (図3)。しかし実際には、予算などの事情により実現できる見込みを得るに至らなかった。

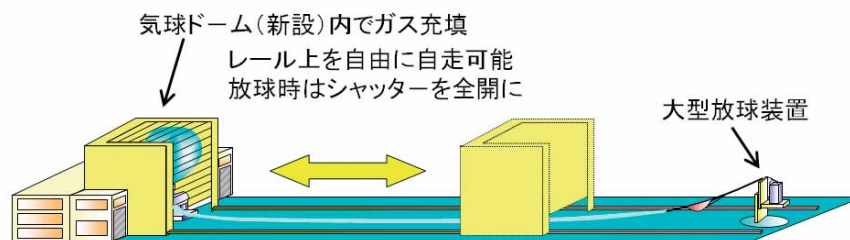


図3 1996年頃から考案されていたSBCにおける屋内でのガス充填の概念図

2.1.3. 気象環境

近年のSBCにおける大気球実験は原則として気球を飛翔させる成層圏高度の風が緩やかな東風となる初夏と晩夏に実施されてきた。東風が緩やかな時期を選ぶのは主に観測時間を長く確保するためである。即ち、上層風の観点からは、観測時間が短い実験に関しては夏季中のより広い期間において実施可能となる場合がある。しかし、初夏を過ぎた6月中旬から7月末にかけては例年梅雨になり地上の天気の実験に適さなくなるため、実験期間に対する制約となっていた。そのため、大気球実験は主として5月中旬から6月中旬にかけての第1次実験と8月中旬から9月中旬にかけての第2次実験という年間2度の実験期間において実施されてきた。

なお、冬季については、かつてはSBCでも実験が行われていたこともあったが、ここ10年ほどは実施されていない。冬季は成層圏風が安定するものの西風となるため観測器や気球の着水地点が沿岸から遠く離れてしまっており回収が非常に困難である。観測器の回収を必要とする実験の割合の益々の高まりや、環境保護の観点等からも回収努力が求められる昨今の状況を鑑みるに、実験に適した期間は今後も夏季に限定されるものと見込まれる。

2.1.4. 地理的特性

SBC では、三陸地方の地勢のため、放球場や指令棟と受信局（受信棟、および、大窪山観測棟 [8]）とが地理的に離れており、利便性の向上が望まれていた。

また、山の中腹にある放球場と海（吉浜湾）との間には住宅・鉄道・国道などが点在するため、放球直後の気球がこれらの上空を通過することに対して安全性を確保するのに苦労があった。とりわけ、観測器重量の上限を自主的に設ける（原則として 500kg）という規制をとっていたため、実験への制約となっていた。

2.1.5. 陸上回収

気球飛翔後の観測器の回収は、日本では、従来、原則として海上にて実施されてきた。回収を海上ではなく陸上で行うことが出来れば、観測器開発や回収作業に要するコストを低減するとともに観測器の再使用性を向上できると期待される。陸上回収を安全に実現するためには広くて人工物等の少ない平野部が必要である。しかし、SBC 周辺のス陸地方には平野部が殆ど無く、観測器の回収を陸上で行うことは非常に難しかった。

2.2. 大樹町多目的航空公園

北海道広尾郡大樹町にある多目的航空公園（Multipurpose Aerospace Park = MAP; 図 4, [9]）は、次世代の航空宇宙構想への支援を目指す大樹町が 1995 年に開園した、47ha の敷地と全長 1km の舗装滑走路を持つ町有施設であり、JAXA（3 機関の統合前を含む）を始めとする様々な研究機関や大学などによって航空宇宙関連の実験に利用されてきた。2003 年には、成層圏プラットフォーム（SPF）プロジェクトの定点滞空飛行試験 [10 - 12] の実施のため、JAXA や情報通信研究機構（NICT）によって JAXA 格納庫（2008 年 8 月以前の呼称は飛行船格納庫）、飛行管制棟、直径 140m の舗装エリア（ハンドリングエリア）、気象観測装置群などの施設設備が整備された（図 5）。SPF プロジェクトは 2004 年度末に完了したため、残された施設設備の利活用が検討課題となっていた。



図 4（左）：大樹町多目的航空公園の概観（2004 年時点）。（右）：太平洋側から見た多目的航空公園の全景。黄色で示した位置が格納庫。周囲には平野が広がっている。



図 5（左）：JAXA 格納庫，（右）：飛行管制棟

3. 移転の経緯

3.1. 大樹町多目的航空公園での大気球実験実施に関する検討

前章で述べた状況を踏まえ、大樹町 MAP にて大気球実験を行うことを想定するとどのような可能性が見込まれるかの検討が 2005 年 11 月に開始された [13].

3.1.1. 気球や観測器の大型化、ガス充填の屋内化

MAP は敷地が広く既存の舗装エリアがあるため、以下で述べるように、SBC で抱えていた敷地の狭さは解消され、気球の大型化に対応可能となる。

格納庫は幅 30m、高さ 35m、奥行 83m という巨大なものであり、扉（電動シートシャッター）も幅 28m、内寸高 25m（外寸高 28.5m）と大きいため、気球へのガス充填作業を格納庫内で充分に実施できる。図 3 のような案は格納庫を前後に動かすことで実現できるが、既存の格納庫を基礎から改築することには技術的にも予算的にも困難が予想される。しかし逆に格納庫を移動させる代わりに気球を含む荷姿全体を移動させる（図 6）ことが出来れば、格納庫を移動させることと同様の効果が期待でき、しかも既存の格納庫をそのまま活用できる。

格納庫内でガス充填された気球のイメージを図 7 に示す。このように、浮力 2,500kg のガス量に対しても十分に対応可能であることが分かる。SBC では放球場の長さ（即ち気球荷姿の全長）や観測器の重量（最大 500kg）に関して制限が課せられていたのに対して、MAP 格納庫内でのガス充填においては格納庫扉の高さの故に総浮力への制限が課せられる。このため直接的な比較は難しいが、例えば B200 型気球（体積 20 万 m³）で重量 1 トンの観測器（バラスト重量 500kg を除く）を高度 32km に飛揚させることも現実的となり、観測器の大重量化に対する制約を SBC に比べて大幅に改善することができる。また、MAP の広い敷地のため、気球荷姿全長への制限は SBC の 160m から 2 倍以上に緩和され、気球の大型化にも対応可能となる。

3.1.2. 気象環境

気象環境の面では、北海道は一般的に梅雨の時期が無いとため、夏季の気球実験期間を拡大できる可能性がある。SBC の開設当時は冬季の寒さが厳しいという理由のために北海道は立地候補から除外されていたが、2.1.3. 節で述べたとおり近年は冬季の定常実験を行っていないので問題は無い。また、近年の地球温暖化の影響により気候等が北上する事例が一般的に指摘されており、近年 SBC では実験に適さない状態となることが見受けられたジェット気流等の気象環境が、より北方の北海道では改善される可能性がある。

3.1.3. 地理的環境

大樹町 MAP は広大な十勝平野の中に位置しており比較の見通しが効くため、送受信設備を多目的航空公園内に設置することが可能となり、2.1.4. 節で述べたように SBC では分散していた各施設を一ヶ所に集約できる。MAP は太平洋岸の直ぐ傍にあり、近隣の民家も非常に少ないため、気球が放球後に海上に飛翔するまでの間に住宅・鉄道・国道などの上を飛翔する恐れを SBC よりも軽減できる。上昇中の気球の進行方向にあたる東方は、三陸地方と同様に広く太平洋側に開けており、実験に適している。また、一般航空路も、とち帯広空港の離発着便などの航空路があるものの、便数は少ないため受ける影響は限定的と見られる。

3.1.4. 陸上回収

MAP の周辺地域には比較的人口密度の少ない平野が広がっており、MAP を跨ぐ南北約 100km の太平洋沿岸には陸上回収を実現できる可能性のあるエリアが点在している。各エリアの面積は数～数十 km² 程度であるため、大気球実験で従来使用されている非制御型のパラシュート（着地点の位置精度が数 km 程度）をそのまま用いて諸外国のように陸上回収を実現することには依然としてリスクが大きい。しかし、パラフォイルのような制御型のパラシュートを用いた自律飛行降下システム [14 - 16] を開発できれば、陸上回収の実現性が高まる。

3.1.5. その他の可能性

MAP は滑走路を有しており、かねてより JAXA がヘリコプターや小型飛行機による航空機飛行実験に使用してきた実績もある。そのため、大気球の回収作業における回収用航空機との連携を SBC よりも一層効率的に行える可能性がある。

広大な敷地を積極的に活用することで、SBC では保安上の理由により難しかった実験を実施できる可能性も生まれ

る。例としては、一定の保安距離の確保を必要とする実験供試体を気球高度から上向きに飛翔させたり（ロクーン [17]）下向きに降下させたり（無重力実験 [18 - 20]）するような実験がある。

以上のように、検討の結果、大樹町 MAP にて大気球実験を実施することで様々な利点を得られる可能性があると考えられた。

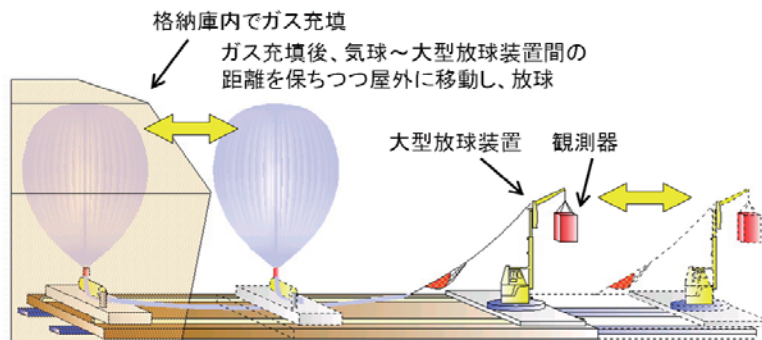


図6 屋内でのガス充填後に気球および観測器を屋外に移動して放球する案の概念図

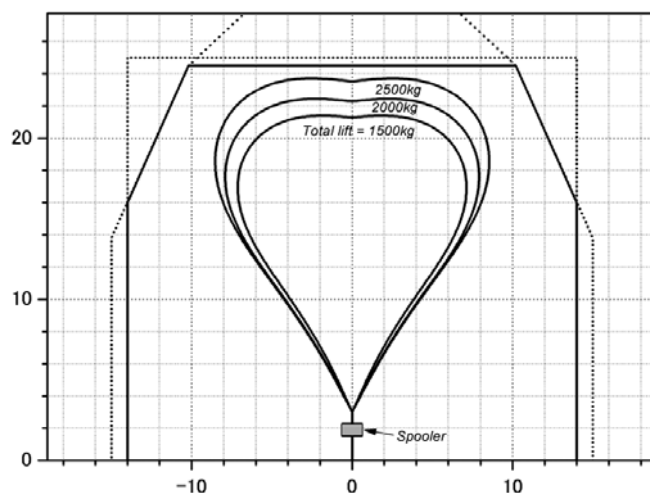


図7 格納庫内でガス充填した大気球のイメージ（総浮力が1500kg、2000kg、2500kgの場合）。格納庫の実効的な出入口寸法を実線で示している。

3.2. 提案から計画決定まで

前節で述べたとおり、大気球実験を大樹町 MAP で実施することに関する JAXA 内での検討は 2005 年 11 月に開始された。検討は、大樹町 MAP における JAXA の実験活動の活性化を目指す総合技術研究本部（現在の研究開発本部）や航空プログラムグループも交えて行われた。

12 月に宇宙科学研究本部の首脳部による検討が行われ、2006 年 1 月には JAXA 首脳部による検討も重ねられた。その結果、大気球実験場を SBC から大樹町 MAP に移転するという計画の方向性が固まった。SBC の施設設備を維持しつつ MAP でも実験を実施することは経費などの観点から現実的ではないと判断された。

対外的には、2006 年 2 月から 4 月にかけて、文部科学省、大船渡市、大樹町などに対する移転計画の説明が順次開始された。移転計画の正式な発表は、予算交付後の 2007 年 5 月に行われた。

予算的制約などにより、移転は基本的に 2007 年度の単年度で実施する計画となった [21 - 23]。大気球実験の効率的な運用のために必要不可欠である大気球実験の専用施設の新築工事は、2007 年度初頭から設計を開始し 2007 年度内に工事を竣工させるという短工期となった。経費抑制のため設備は原則として全て SBC から移設することとなったが、

一方で、共同利用機関としての大気球実験は継続的な実施が望ましい。そこで、2007年度の第2次実験まではSBCにて実施した後、冬期に設備の移転を実施完了させ、2008年度からは大樹町MAPで実施することとなった。

3.3. 三陸大気球観測所の閉所と大樹町多目的航空公園の新築工事

SBCにおける最終号機は2007年9月13日に放球された(図8)。9月29日にはSBCの閉所式が、長年に亘ってお世話になった関係者を招いて行われた(図9, [24])。SBCの跡地利用に関しては、大船渡市とJAXAとの協議が重ねられた結果、一部舗装路面を除く全ての施設設備を取壊すこととなった。吉浜地区以外(即ち大窪山地区[8]と元山中継所[25])については2007年11月から12月にかけて、また、吉浜地区(受信棟を含む)については2008年8月から9月にかけて取壊し工事が実施された。

大樹町MAPにおける新築工事は2007年7月に着工され、大気球指令管制棟は2008年1月、外構工事なども含めると2008年3月に竣工された(図10)。SBCの設備をMAPに輸送して設置する移転作業は2007年10月に開始され、2008年3月に完了した。大樹町MAPに整備した施設設備については次章で詳述する。



図8 三陸大気球観測所における最終号機となったBU30-5の放球作業



図9 三陸大気球観測所閉所式で式辞を述べる井上宇宙科学研究本部長

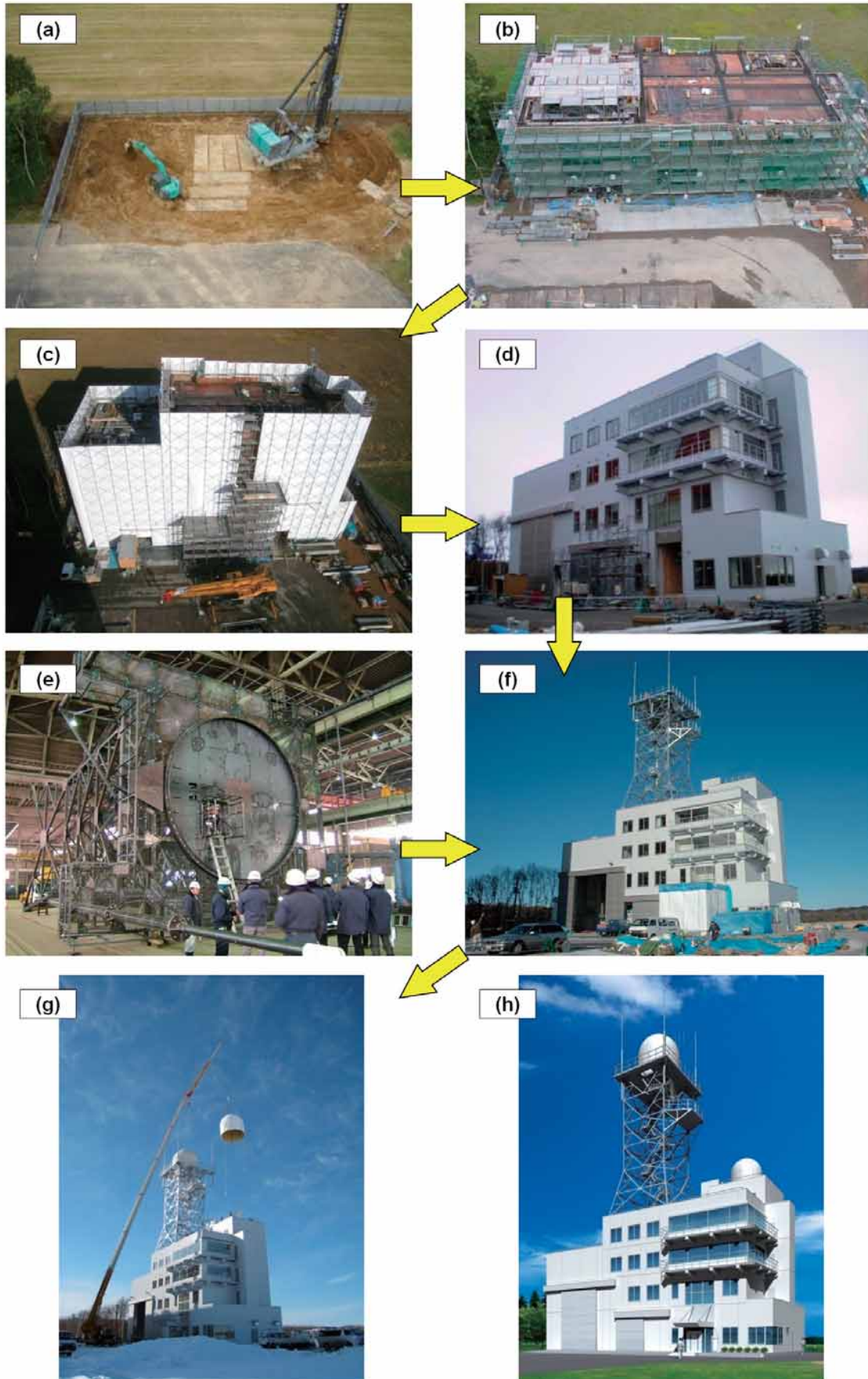


図 10 大気球指令管制棟の建設工事. (e)：工場で仮組みされた鉄塔. (h)：完成予想図.

3.4. 大樹航空宇宙実験場としての幕開け

前述のとおり、JAXA は以前から大樹町 MAP の利用を重ねてきた。実験用航空機を用いた航空技術の研究が1997年に開始されたほか、2004年頃には成層圏プラットフォームの試験が行われるなど、年々利用方法が多岐に亘りつつある。そして、2008年からは大気球実験が定常的に実施されることになったことから、JAXA と大樹町の連携強化が必要との判断により、JAXA と大樹町による連携協力協定が締結された。協定では、JAXA が MAP を拠点として実験などを継続的に行うことや、大樹町が推進する宇宙航空に関する教育活動などに JAXA が協力することなどが謳われている。この協定により、JAXA が MAP 内に実験施設などを保有するエリア（図 11, 12）を「連携協力拠点 大樹航空宇宙実験場」(Taiki Aerospace Research Field = TARF) と称することとなった。

連携協力拠点は JAXA の事業所ではなく自治体との連携協力に基づくものであり、JAXA が自治体とこの種の協定を締結するのは初めてである。三陸大気球観測所 (SBC) が事業所であったのに対して大樹航空宇宙実験場が異なる形態となった背景には昨今の独立行政法人に対する整理合理化の流れの影響も見受けられる。

協定の調印式は5月26日に現地にて実施され、JAXA や大樹町の関係者など計約200名が出席した（図 13）。式典後には大気球実験の開始を記念したセレモニーが行われ、地元の小学生約100名が宇宙への夢を記したメッセージを添えた色とりどりの風船を大空に放った（図 14）。前日の5月25日には協定締結を記念した講演会が大樹町主催で開催され JAXA 職員による講演が行われるなど、協定に謳われた宇宙教育活動も始められている。

SBC は大気球実験専用の施設であったが、大樹航空宇宙実験場 (TARF) では気球以外の実験も行われ、さらに、TARF エリア外の MAP 内（滑走路など）では JAXA 外機関の諸活動も行われることから、スケジュールの調整が重要である。このため、JAXA 内での調整、および、大樹町を窓口とする対外的な調整を円滑に行うための枠組み整備が進められている。

移転に関する主な動きを表1と表2に示す。

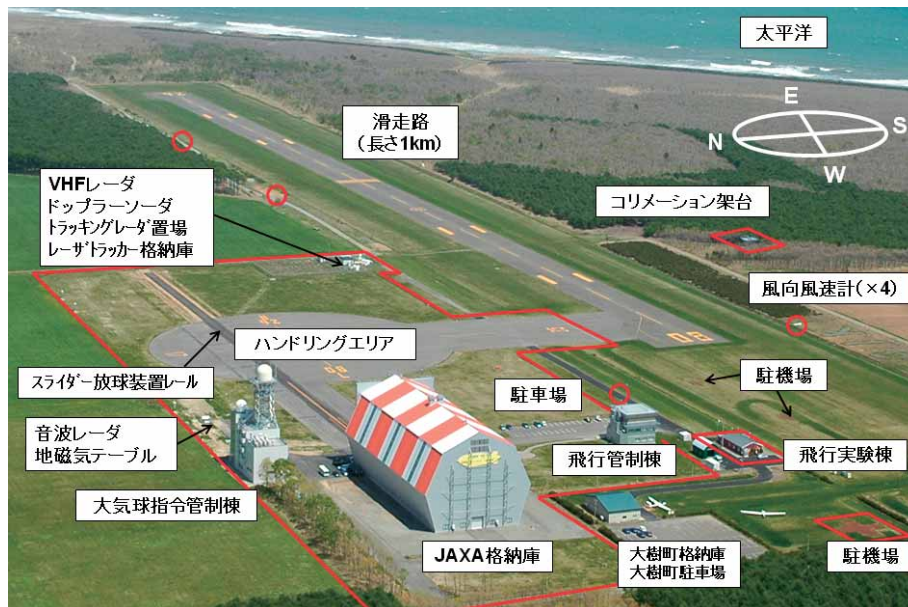


図 11 大樹航空宇宙実験場の概観（赤線で示した区域）

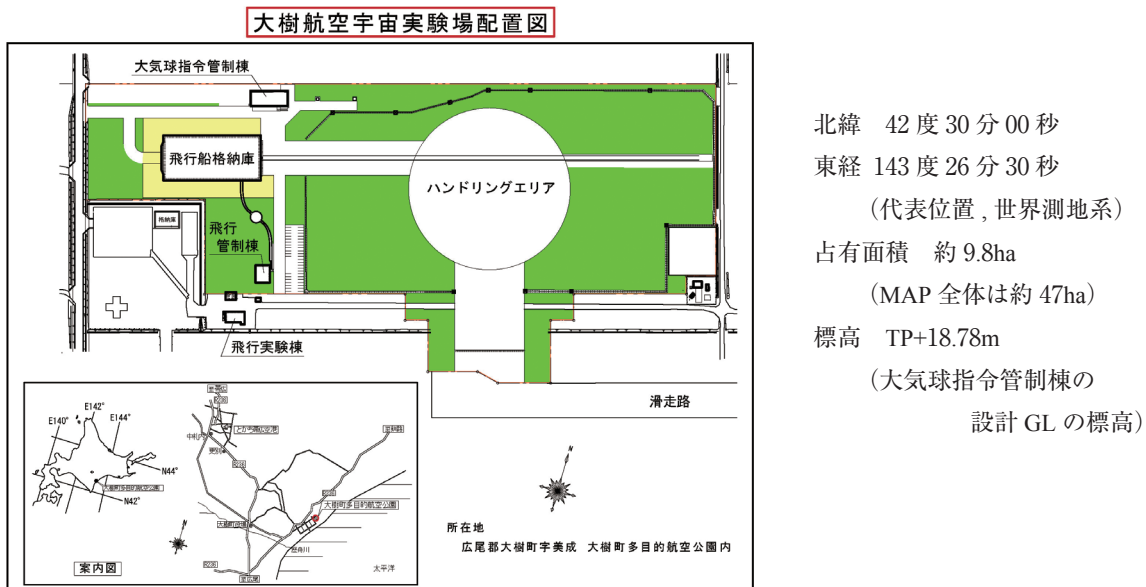


図12 大樹航空宇宙実験場の配置図



図13 調印式で握手を交わす立川 JAXA 理事長 (中央左) と伏見大樹町長 (中央右)

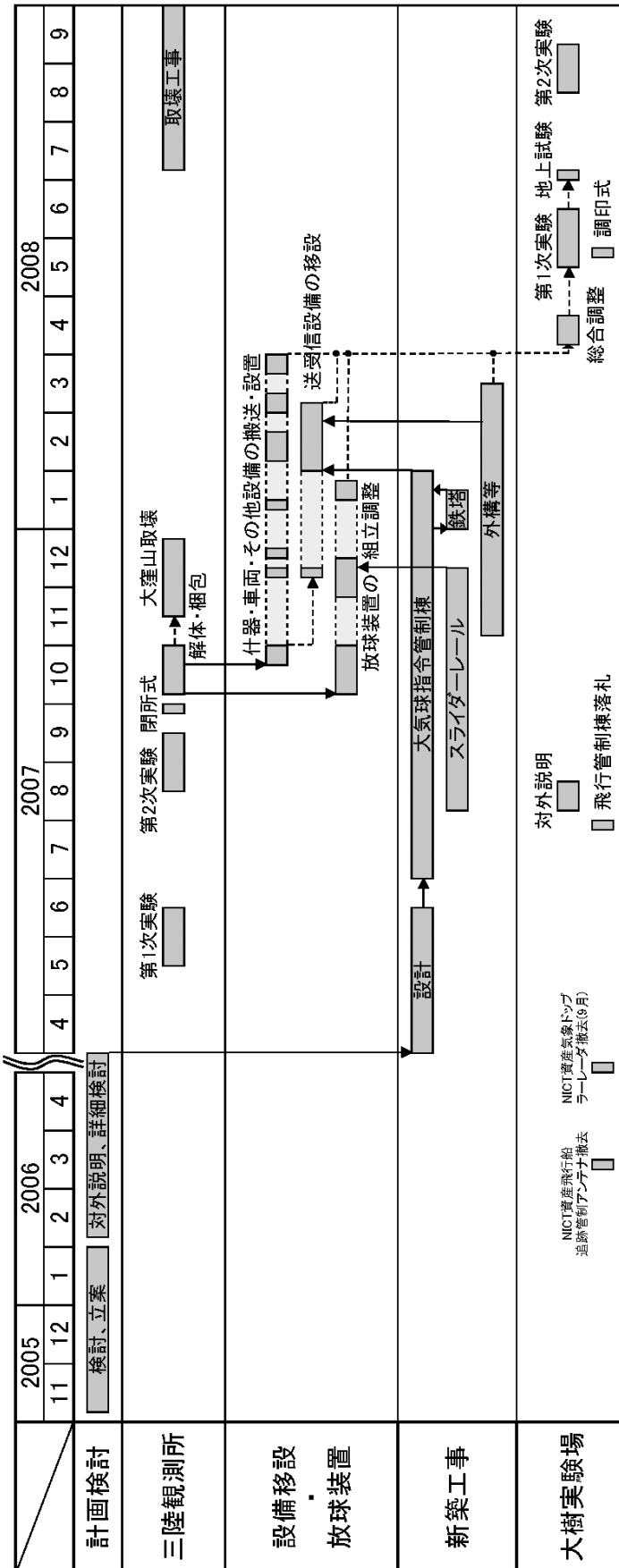


図14 地元の小学生による大気球開始式でのバルーンリリース

表1 移転に関する主な動き

2005年11月8日	宇宙科学研究本部・総合技術研究本部・航空プログラムグループの関係者間協議
2005年12月21日	宇宙科学研究本部企画調整会議
2006年1月10日, 26日	JAXA 役員説明 (宇宙科学研究本部・総合技術研究本部・航空プログラムグループの連名)
2006年2月8日	文部科学省説明
2006年2月20日	大船渡市訪問 (計画説明)
2006年4月17日	大樹町訪問 (調査検討)
2006年4月18日	JAXA 理事会議報告
2007年1月12日	移転に向けた準備を本格化
2007年4月12日	新築工事詳細設計開始
2007年5月11日	JAXA として移転計画を初めて正式に発表 (大船渡市での記者会見)
2007年7月2日	新築工事 (大気球指令管制棟) 着工
2007年8月6日	新築工事 (スライダー放球装置レール) 着工
2007年7月30日	NICT 所管の飛行管制棟を JAXA が落札入手
2007年9月13日	三陸大気球観測所における最終号機の放球
2007年9月29日	三陸大気球観測所閉所式
2007年10月24日	三陸大気球観測所からの輸送の第1便が大樹町多目的航空公園着
2007年10月31日	スライダー放球装置の工場検査
2007年11月6日	新築工事 (外構工事) 着工
2007年11月26日	大樹町多目的航空公園常駐の派遣職員着任
2007年11月14日～12月25日	三陸大気球観測所の大窪山観測棟・元山中継所の取壊し工事
2007年12月13日	スライダー放球装置レール竣工
2007年12月18日	大気球指令管制棟鉄塔の工場検査
2007年1月24日	スライダー放球装置検収
2008年1月31日	大気球指令管制棟竣工
2008年2月6日	送受信アンテナ, 主副レドームを大気球指令管制棟に設置
2008年2月20日	三陸大気球観測所からの輸送の最終便が大樹町多目的航空公園着
2008年2月29日	三陸大気球観測所常駐の派遣職員任期満了
2008年3月3日	大樹町多目的航空公園の派遣職員2人目着任
2008年3月5日	送受信設備移転工事検収
2008年3月12日	外構工事等検収
2008年3月28日	移転作業完了
2008年4月14日～18日	スライダー放球装置・送受信設備調整作業
2008年5月26日	連携協力協定調印式, 大樹航空宇宙実験場としての幕開け
2008年5月12日～6月12日	平成20年度第1次大気球実験
2008年7月3日	地上試験
2008年8月20日～9月9日	平成20年度第2次大気球実験 (8月23日 B08-01 飛翔, 9月5日 B08-02 飛翔)
2008年7月8日～9月30日	三陸大気球観測所の吉浜地区 (指令棟, 放球場, 受信棟などを含む) 取壊し工事

表 2 移転に関する主な動きの相関



4. 新しい大気球実験場の施設設備

前章で述べたとおり、TARFにて大気球実験を定常的に実施するため、施設設備の整備を進めた。実験の準備や飛行中の通信管制を行うため、新棟「大気球指令管制棟」を建設した。格納庫内でのガス充填を実現するため、レールの敷設とその上を走行する「スライダー放球装置」を開発・整備した。SBCで使用していた実験設備は基本的に全てTARFに搬送し、主として大気球指令管制棟内に移設した。加えて、大気球実験の一層の円滑な遂行のため、様々なシステムも新しく導入した。また、外構工事により、屋外設備の移設を含むフィールドの整備を進めた。これらの施設設備整備は、単年度の限られた予算と時間の中で実施された。

4.1. 大気球指令管制棟

大気球指令管制棟はSBCにおける指令棟、受信棟、大窪山観測棟の機能を併せ持つ新棟であり、鉄骨コンクリート造りの4階建て（一部は3階、一部は5階、一部は地下1階）の建屋と、その上に建つ鉄塔から構成される（図15-18）。大気球指令管制棟の建設位置は、大気球実験を効率的に運用でき、且つ、大樹町MAPで実施される他の実験や実験計画に極力影響を与えないことを考慮して決められた。

4.1.1. 鉄塔

鉄塔の上面（地上35m）の上には、主系アンテナとして、大窪山観測棟からレドーム（受信アンテナを含む）と送信アンテナが移設された。鉄塔の高さは

- (1) 他の建造物、とりわけ、高さの高い格納庫がアンテナの視野に極力入らないこと、
- (2) 東方海上の気球との遠距離通信において海面反射等の影響を極力受けないこと、
- (3) 航空公園であることから避雷針を含む建築物の最上部が航空法で定められる上限の高さ以下であること、

などの条件により定まった。アンテナ位置をできるだけ高所とするため、避雷設備は短い4本の避雷針を用い、回転球体法と保護角法を組み合わせた配置設計とした。飛行中の気球の追尾に支障をきたさないため、鉄塔はその上面の揺れが通常の気象条件下において±0.1度以内であるように設計された。棟屋屋上には副系のアンテナとして、受信棟の受信アンテナとレドームが移設された。これにより、SBCでは離散していた大窪山観測棟と受信棟の送受信システムを一ヶ所に集約することが実現され、より効率的な実験の運用が可能となった。

鉄塔の中の東面には沿岸監視用の船舶レーダが移設された。レーダは9.7GHz帯を定格25kWで発してその反射波によりエコー探知を行うもので、実験時の保安確保のため、沿岸水域の船舶状況のモニターに用いる。

集約・整備した送受信システムの概要を後述する各種システムとの関連も含めて図19に示す。また、主系アンテナから見た飛行中の気球に対する見通し範囲を図20に、TARFの大気球実験で用いる電波の一覧を図21に示す。

4.1.2. 建屋概要

大気球指令管制棟の建屋内部はSBCの指令棟などに準じた思想に基づいて設計され、約20の部屋が配置された。延べ床面積はSBCの当該施設の合算値とほぼ同等の約1,200m²であるが、SBCよりも一層効率的な実験運用を目指した設計となっている。このため、実験時のデータ通信用ケーブルを予め壁の中に敷設しておいたり、SBCでは不足がちであったデスクワーク用のスペースを意識的に確保したり、空間を最大限に有効活用することを目指してOAフロア（フリーアクセスの二重床）や室内ケーブルラックを随所に取り入れたりするなどの工夫が施されている。

1階からR階（5階）まではエレベータで昇降できる。エレベータは定員15名（1,000kg）の乗用ではあるが、荷物の運搬にも耐えうよう戸開延長ボタンや高密度型の戸先近接センサを備える。出入口寸法は幅1.1m・高さ2.1m、カゴ寸法は幅1.8m・高さ2.3m・奥行1.3mであり、機械室レスの特注タイプとなっている。

建屋内はバリアフリー仕様であり、多目的便所を備える。建屋内外要所には点字ブロックがあるほか、エレベータも車椅子用対策と視覚障害者対策を備えた仕様となっている。照明器具にタイマーセルコン型の蛍光灯を用いるなど、省エネにも配慮している。三陸地方と比べても極寒冷となる冬季においても常駐者が滞在できるようにするため、建屋内の常駐区域には極寒冷地用の空調機を用いたり屋内給水の独立な水抜き系統（ヒーターおよび電動バルブ付）を設けたりするなど、各所に極寒冷地仕様を施している。なお、極寒冷地仕様としては、建屋内外の土木建築工事においても当然、相応の凍上抑制層を確保するなどの対策が取られている。

4.1.3. 建屋内の各部屋の概要

気球実験の準備作業，とりわけ観測器や気球荷姿の組立調整作業のため，建屋1階には「気球組立室」と「観測準備室」を設け，広いスペースを確保している．とりわけ気球組立室は床面積約130m²を持つ3階までの吹き抜け（天井高約12m）となっている．気球組立室と観測準備室は共に荷重2トン用のホイスト式天井走行クレーンを有しており，気球組立室には実効揚程約9.9mのクレーンが2機，観測準備室には実効揚程約3.0mの物が1機，それぞれ備えられている．また，2室は共に大型の電動扉を持ち，気球組立室は開口部幅6m・高さ8mの引扉（両引扉），観測準備室は開口部幅4m・高さ4mの片引扉となっている．仮にこの2室ではスペースが不足していても巨大な格納庫内で同様の作業を行うことができる．ただし，格納庫は吊下げウィンチ（920kg仕様のウィンチと滑車で二重にしたロープの組合せにより使用荷重は1.8トン）を4ヶ所に有しているものの，天井走行クレーンは備わっていない（天井設備の設定耐荷重が35kg/m²しかないので天井走行クレーンは取付不可）．なお，電子回路の組立調整など広いスペースを必要としない準備作業は2階の「計測器室」にて行うことができる．

主副の受信アンテナで受信されたテレメトリ情報は4階の「受信管制室」に集約され，気球の飛翔管制に利用されるほか，観測者（PI）に提供する情報については隣の「観測データ処理室」に配信される．放球前の地上作業の指揮は3階の「指令室」にて執り行われる．放球時に必要な気象データも指令室に集約されている．受信管制室や指令室からは放球場を視認できる必要があることから，部屋の東面と南面に大面積の窓（はめ殺し）を配することで広い視界を確保している．なお，受信管制室には受信卓が，また，指令室には指令卓が，それぞれSBCから移設された．SBCで指令棟・受信棟・大窪山観測棟に分散していた受信システムは統廃合され，受信管制室内のテレメータ受信装置ラックに設置された（図18-d,19）．

デスクワーク用スペースとしては，大小2つの会議室や，実験主任・ランチャー班・受信班それぞれの準備室が設けられている．飛行管制棟1階会議室もデスクワークに使用できる．

このほか，庶務や対外対応を行う「事務室」などの部屋や，物品を保管するための部屋，各種電気設備用の「電気室」，SBCでは別棟だった「仮眠室」などの部屋がある．また，棟内は禁煙のため，「喫煙室」を備えている．



図 15 大気球指令管制棟

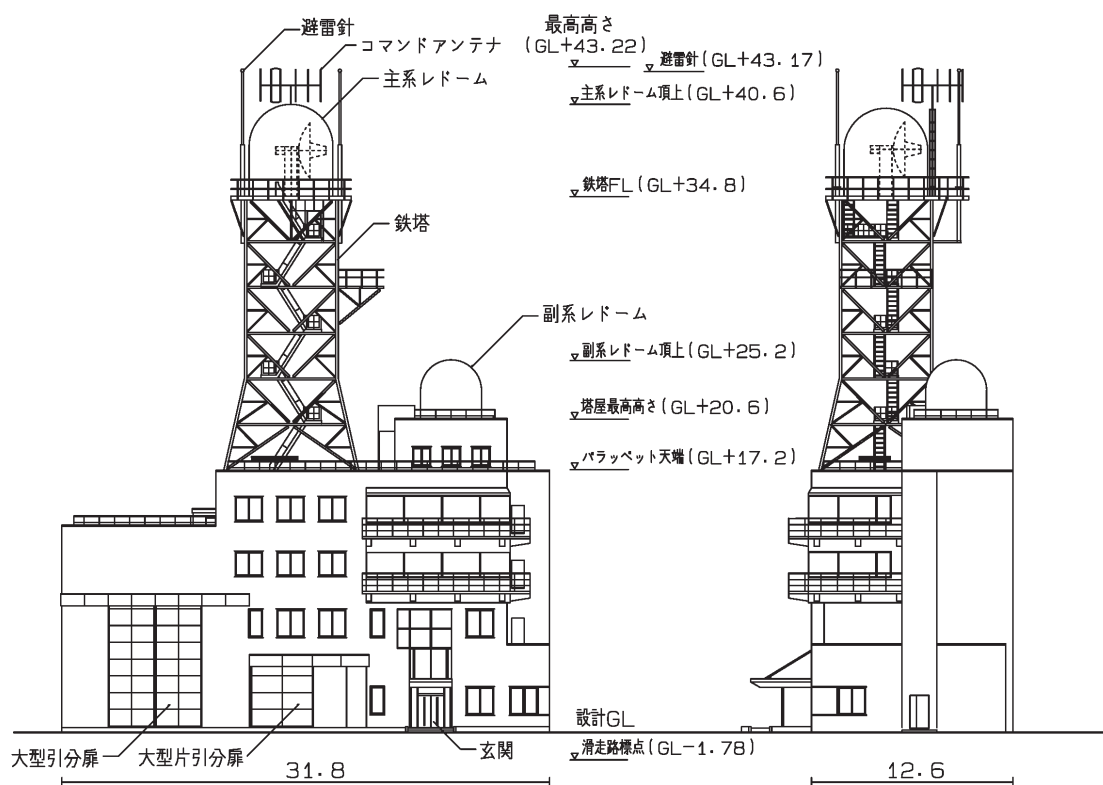


図 16 大気球指令管制棟 立面図 (長さの単位はメートル)



図 18(a) 受信管制室



図 18(b) 指令室



図 18(c) 受信管制室



図 18(d) テレメータ受信装置ラック



図 18(e) 観測データ処理室



図 18(f) 電気室



図 18(g) 大会議室



図 18(h) 応接室



図 18(i) 便所



図 18(j) エレベーターホール

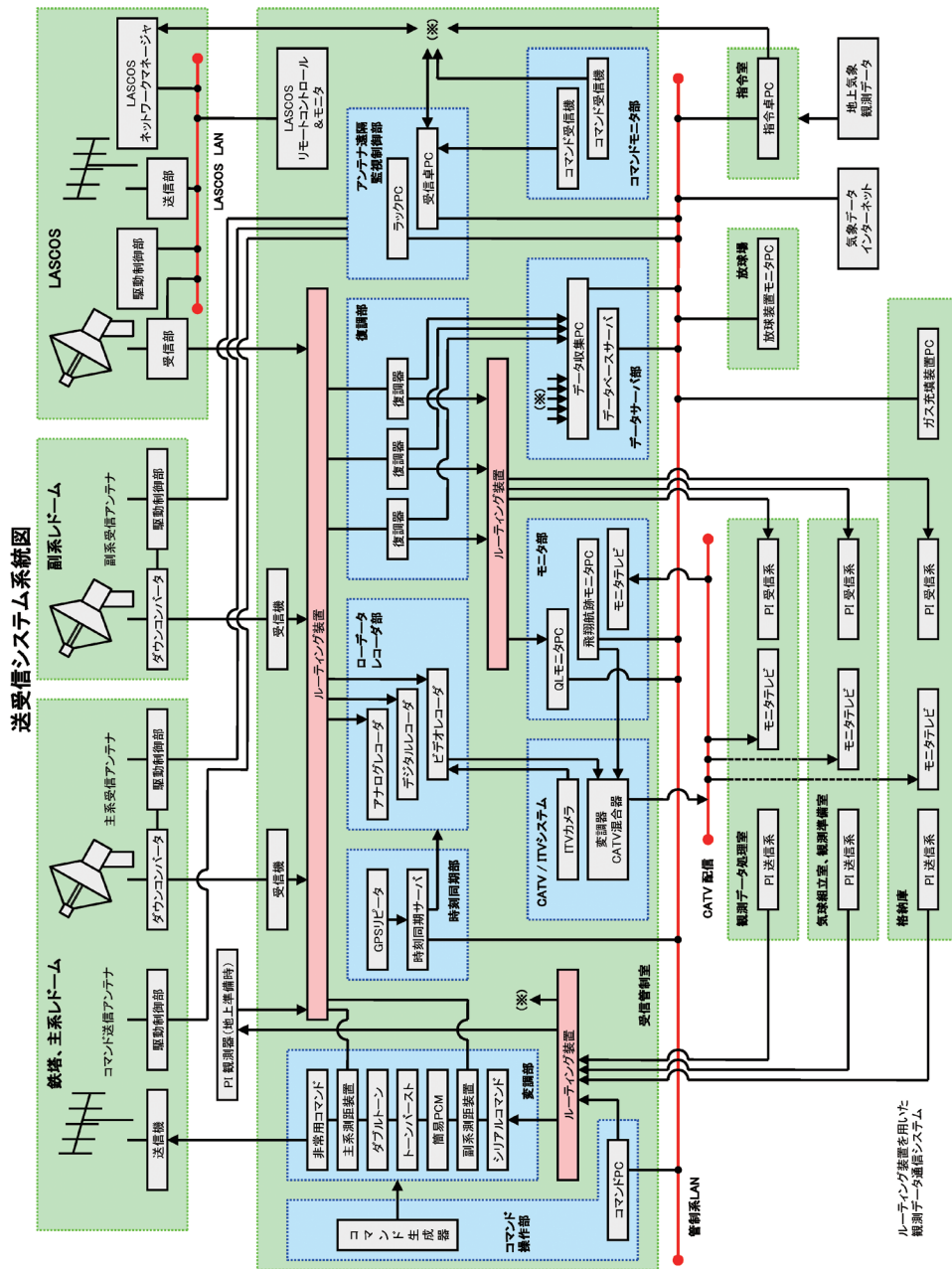


図 19 送受信システム系統図

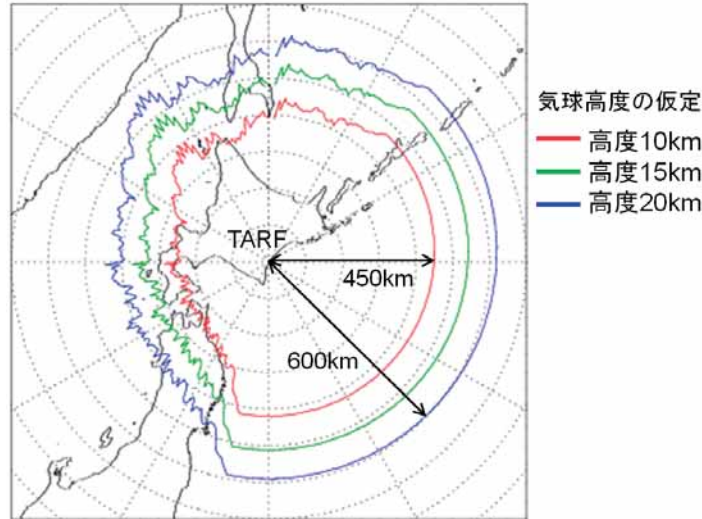


図 20 主系受信アンテナの受信（見通し）可能範囲



図 21 TARF の大気球実験で用いる電波の一覧

4.2. スライダー放球装置

SBCで1990年代後半に開発されたセミダイナミック放球法は、B100 (10万 m³) 程度以上の体積を持つ気球をSBCの手狭な放球場から安全に放球する方法として開発・確立され [4, 5], 多くの成果を挙げてきた。このセミダイナミック放球法を踏襲しつつも、気球へのガス充填を格納庫内で行うように発展させるべく、スライダー放球装置を開発した [22, 26]。

スライダー放球装置は、格納庫の奥から放球場の先端まで延びる長さ460m・幅4mの1対のレールと、その上を走行する2台の台車、即ち「放球台車（親台車）」と「スプール台車（子台車）」から構成される（図22-24）。

4.2.1. 放球台車

放球台車はSBCの大型放球装置と同様に、観測器と気球荷姿の連結部を保持する役割を持つ。放球台車は、幅8m・長さ10m・高さ1.5mの台車の上に、アーム部、観測器台、昇降機構、ターンテーブル部を持つ。

アームはロードセルを内蔵したリリース機構を先端に持ち、長さは4m。吊上げ最大重量は1.5トン、静止保持吊下げ荷重は最大2トン、浮力耐荷重は3.1トンである。リリース機構には90mmのストロークをもつパワーシリンダを用いている（図23）。アームは水平方向に対して+77度から-20度までの範囲内で角速度10deg/secにて傾きを変動できる。放球直後の観測器との物理的干渉を回避するため、リリース機構の解放動作と連動してアーム角度を77度まで自動的に立ち上げることもできる。

観測器台は幅4m・長さ3mであり、最大積載2トンまでの観測器を設置できる。

アームと観測器台はそれぞれ昇降機構を持ち、速度 4m/min で連動または独立して昇降できる。これにより、台車上面（地上高 1.5m）を基準とした場合、アーム部の根元は高さ 5.5m ～ 8.3m、観測器台は高さ 0m ～ 4.0m の範囲内を上下することができる。

ターンテーブルはアーム、観測器台、昇降機構を搭載する直径 6m のテーブルで、約 1rpm にてエンドレスに左右両方向に回転できる。放球時のアーム角度として典型的な 60 度程度のアーム角度の場合、アーム先端のリリース機構はほぼターンテーブルの中心軸上に位置する。このため、観測器を吊り下げた状態でターンテーブルを回転させても観測器の揺れは最小限に抑えられる。

放球台車の自重は約 50 トンで、アウトリガーを四隅に持つ。アウトリガーを出さなくても、転倒耐荷重は、最高状態のアーム先端に横向き荷重が掛かるといった想定でも約 7.3 トン以上あり、通常の運用には支障がない。

4.2.2. スプール台車

スプール台車は、SBC で使用していた跳ね上げローラー車 [27] と同様に、気球頭部を保持する役割を持つ。スプール部は跳ね上げローラー車からスプール台車上に移設した。最大保持浮力は 3 トンであり、保持部にはロードセルを内蔵する。台車は幅 5m ・長さ 6m ・高さ 1m であり、自重は 17 トンである。

4.2.3. 電力、制御、マンホール

2 台の台車は、共にレール上を 3m/min および 30m/min の 2 段階の速度で独立に走行でき、また、低速側の 3m/min で同期して走行することもできる。同期の制御方法としては両台車間の距離をモニターしてリアルタイム調整するような方法は採用せず、両台車の速度を単に固定値（3m/min）とするシンプルな方法を用いている。同期走行による台車間の距離の変動誤差は 30m の走行距離に対して 10cm 以下であり、実験実施に十分に支障のない精度を確保している。両台車は 1.2GHz 帯の電波により双方向通信をしており、同期走行中にそれぞれの自己モニター機能によりいずれかの台車にてエラーが検知されると台車の走行を 2 台とも非常停止する。

台車の走行動力は DC48V のサーボモーターであり、その電力はオンボードの電池により供給される。大浮力の気球荷姿を装着して同期走行する際に、2 台車間には水平方向に引き合う力が掛かる（鉛直方向の力は台車の自重が十分に大きいために抑え込める）。しかし、両台車はいずれも約 3.7 トン程度以上の力で水平方向に引っ張ってもモーターが空転したり車輪がスリップしたりせずに正常に走行できることが確認されており、最大浮力 3 トンの気球荷姿を装着しての走行に支障はない。

放球台車の走行以外の動作の電力は、レール沿いに埋設された AC3 相 200V / 40kVA の電線から供給される。放球台車は長さ 50m の電力ケーブルを持ち、それをレール沿いに 47m おきに設置されたマンホールのどれか 1ヶ所の中の電源口に接続することで電力を得られる（図 24）。台車のバッテリー充電は、この電力ケーブルを介して、または、格納庫内の充電専用電源口から直結して、行うことができる。バッテリーの充電電流は放球台車が 30A、スプール台車が 15A である。

両台車の各動作はリモコンで操作できる。特に台車走行に関しては、有線リモコンに加え、420MHz 帯電波の無線リモコンにより操作可能である。

各マンホールには放球台車動力用の AC3 相 200V 電源に加え、観測器などへの電力供給用としての AC 単相 100V と AC3 相 200V も整備されている。また、電力線に併設して光ファイバケーブルも敷設されており、各マンホール内の接続口から LAN 情報ネットワーク（後述）に接続できる。これにより、観測器を放球場にて情報ネットワークに接続できるほか、浮力用ロードセル値などの台車のモニター情報を大気球指令管制棟内に伝送することができる。

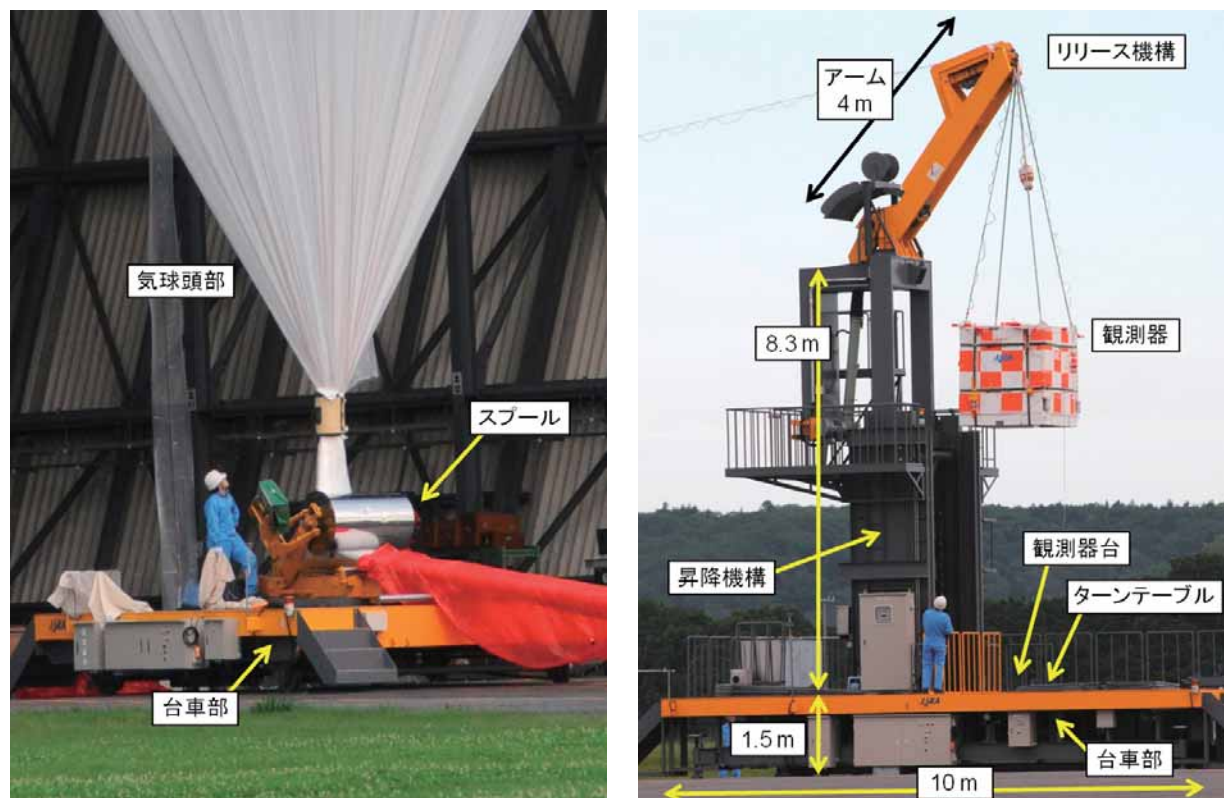


図 22 スライダー放球装置. (左): スプール台車. (右): 放球台車.

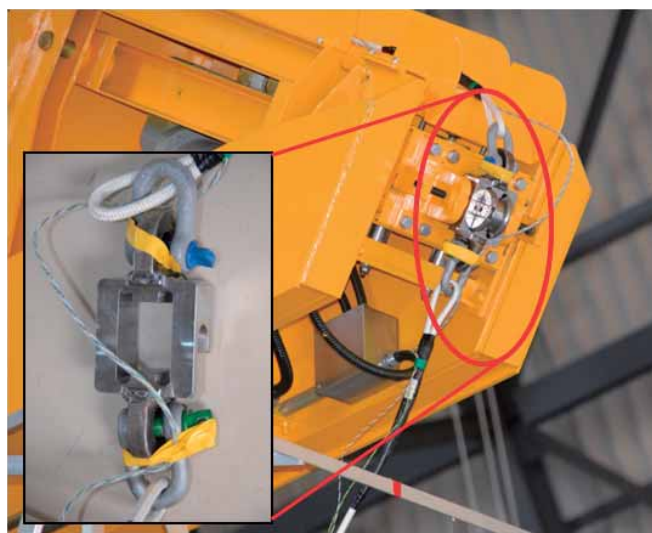


図 23 放球台車アーム先端のリリース機構

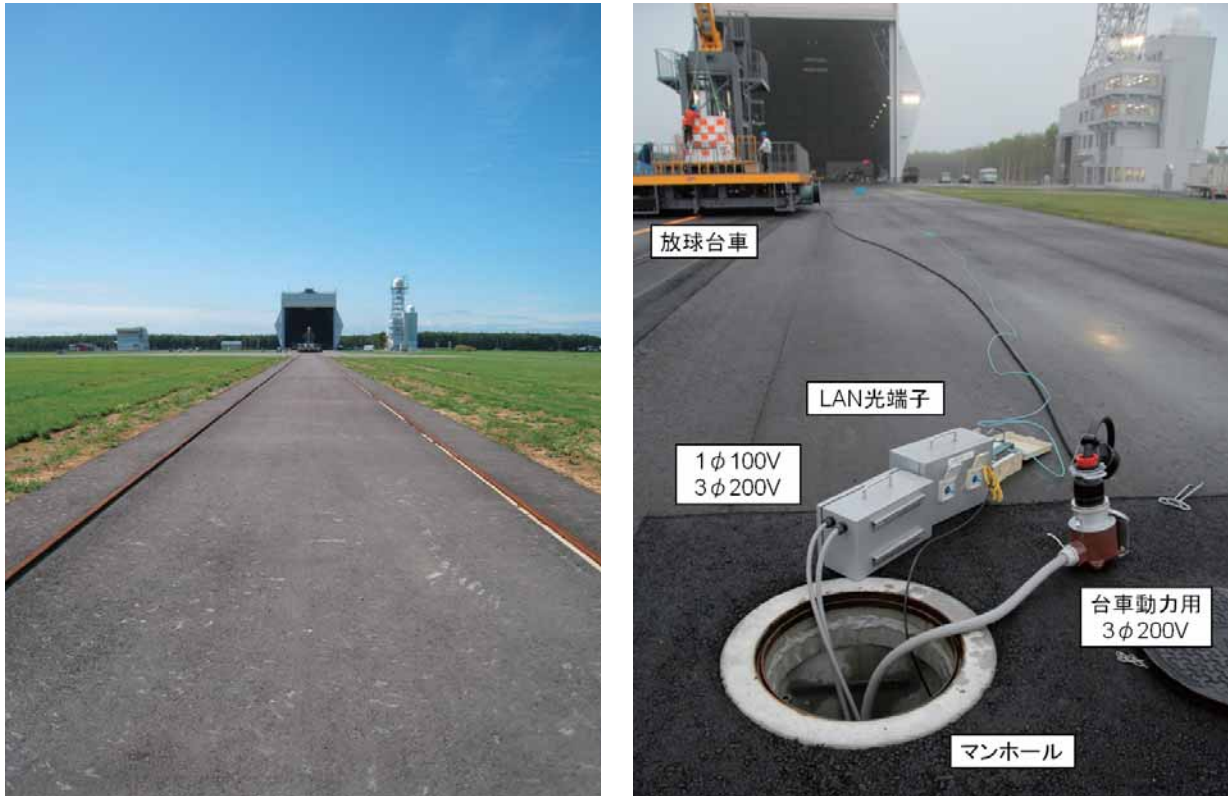


図 24 (左) : スライダ放球装置レール. (右) : レール沿いマンホールと放球台車を接続した様子.

4.2.4. スライダー放球装置を用いたセミダイナミック放球法

以上で述べたスライダー放球装置を用いた放球法は以下のような手順となる (図 25).

- (1) 気球荷姿長に対応した位置に両台車を設置する. 観測器は放球台車にセットしておく. 放球台車の位置は通常, 屋外となる.
- (2) 気球をスプール台車にセットし, 気球へのヘリウムガスの充填を格納庫内で行う.
- (3) ガス充填後, 放球への条件が整った時点で, 両台車を同期走行させ, 荷姿全体を屋外に移動する.
- (4) 跳ね上げローラーを解放し, 気球を立ち上げる.
- (5) ターンテーブルを回転し, 観測器を風下側に向ける.
- (6) カラーを解放する.
- (7) リリース機構を作動させ, 観測器を含む荷姿全体を放球する.

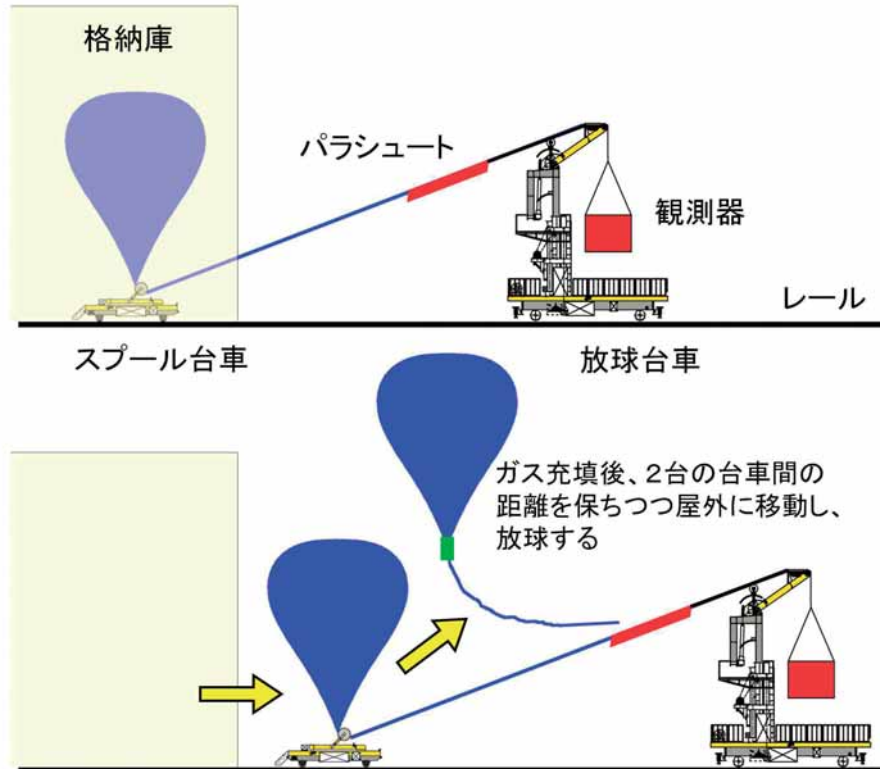


図 25 スライダー放球装置による放球方法の概念図

4.3. 各種システム

大気球実験の効率的な運用，SBC よりも広い敷地，あるいは時代の要請などに応えるべく，TARF では様々な設備システムを大気球指令管制棟内外に整備した。このうち，SBC に比べて新たに導入したものや改良を図ったもの，あるいは，大樹町 MAP に既設されていた設備との融合を目指しているものなど，TARF に整備した設備システムにおける主なものを以下に列記する。

4.3.1. TV カメラシステム

放球作業などのモニターのため，大気球指令管制棟内外 10 ヶ所に配備した ITV カメラにより各所のリアルタイム画像を撮影するシステムである（図 27-a）。SBC の 5 ヶ所よりも台数を倍増することで広い敷地への対応と撮影可能場所の充実化を図った。

4.3.2. 無線ページングシステム

大気球指令管制棟内外に設置した PHS 準拠の無線ページング通話用アンテナ（基地局）により，作業中の多者間通話を実現するシステムである（図 27-c）。気球班と PI 班が個別に通話できるよう，独立な 2 つの通話チャンネルを持つ。広い敷地内や屋内（大気球指令管制棟内）での通話を確保するため，基地局の台数を SBC の 5 ヶ所計 12 台よりも増設して 10 ヶ所計 20 台とした。

4.3.3. CATV 共聴システム

ITV カメラのモニター画像，飛翔中の受信テレメトリ画像，無線ページングシステムの音声，および，一般放送のテレビ画像を一元的に棟内各部屋に配信するため，大気球指令管制棟内に CATV ネットワークを構築した（図 27-a）。これにより，モニターテレビを壁のテレビ受信口に接続するだけで任意の画像を見られるようになり，SBC よりもモニターテレビの設置が容易になった。

4.3.4. 情報システム (LAN)

大気球指令管制棟内外にギガビット・イーサネットによるブロードバンド LAN 情報ネットワークを構築した（図

27-b). 2系統の論理的な仮想サブネットワークを設け、大気球実験運用の根幹（送受信や指令管制など）に関わる計算機群に1系統（「管制系」）、観測器等のPIに関わる計算機用に1系統（「実験系」）をそれぞれ割り当てる。これら2つのサブネットワークはファイアウォールにより保護されている。サブネットワーク以外の情報システムはJAXAの統一的な情報ネットワーク仕様に準拠しており、テレビ会議システムや無線LANも利用できる。構外とのインターネット通信は光ファイバ回線によって5Mbpsの通信が可能であり、SBCのISDN回線に比べて高速化された。

4.3.5. 観測データ通信システム

実験準備中から実際の飛翔中に至る一連の過程においてPIの観測器と地上系機器との間の通信を効率的に提供するために整備したシステムである(図19, [28])。実験準備を行う構内各所とPIが地上系セットアップを展開する観測データ処理室とを、受信管制室に設置したルーティング装置を介して接続することで、ルーティング装置を設定するだけで任意の情報の流れを構築できる。ルーティング装置はフライト中の送受信信号も中継できるため、PIにとっては有線・無線の区別を意識することなく観測器との通信を実現できる。観測データ処理室は最大で3つのPIグループが並行して作業を行うことを想定した設計となっており、1グループ体制であったSBCに比べて作業の効率化が期待される。

また、LASCOS(図26-g, [29, 30])を大気球指令管制棟の東隣に駐車することを想定し、LASCOSと受信管制室を接続するためのケーブル群もこのシステムの一環として整備された。

4.3.6. ガス充填装置

SBCで用いていたヘリウムガス充填装置(可搬)[31, 32]を格納庫内に移設した。SBCではガスのモニター情報をアナログケーブルによって指令卓に伝送していたが、これを改良し、ガス充填装置内にてモニター情報をデジタル化してLAN経由で指令卓に伝えるようにした。これにより、従来は指令卓でのみ得られていた情報をガス充填装置本体(即ち充填作業の現場)においても得ることが可能となった。

なお、SBCではヘリウムガス設備としてヘリウムガスコンテナを備えていた[2]が、気球の大型化に伴う容量不足などに対応するため、ヘリウムガストレーラを実験の都度調達することとした。

4.3.7. 気象観測システム

SBCから風車型風向風速計とドップラーソーダ[33]が移設され、既存の気象観測設備と併せることで充実したシステムとなった。

SBCから移設された風車型風向風速計(図26-a)の地上風データは大気球指令管制棟の指令室に集約される。既設の風車型風向風速計のデータは飛行管制棟に集約される。

SBCから移設されたドップラーソーダ(図26-b)は地上約1kmまでの風プロファイルを測定するもので、測定分解能は高度分解能が10m~200m、風速は水平方向に0.2m/s、垂直方向に0.05m/s、風向は3度、時間分解能は2分である。10Wの2.1kHz音波を発生し大気からの反射波を利用している。

一方、既設のドップラーソーダ(図26-c)も在り、これは800Wの2.5kHz音波を用いている。地上30m~400mの範囲の風プロファイルを高度分解能30m、時間分解能10分の精度で測定できる[34]。

さらに高い高度の風については既設のVHFレーダが有用である(図26-d)。46.5MHz電波を12kWでパルス放出し高度300m~8kmの風を高度分解能75m、時間分解能1分の精度で測定できる[34]。また、GPSゾンデ用の既設の受信設備もあるため、GPSゾンデによる風観測も可能である。

既設の気象観測装置の観測データは飛行管制棟に集約され、日本気象協会から公開される気象庁のデータも利用しながら、気象観測予測システムにより局地的な天気予報が算出される[35]。これらの観測データや局地予報は大気球指令管制棟にもLAN経由で伝送される予定である。

日本気象協会のみならず米国のNOAA/NCEPや英国のNERC/BADCなども含め、公開気象データはインターネット経由で取得可能である。これらを気球用飛翔航跡予測システム[36]の基礎データとすることで予測精度を高め、実験運用を円滑に進めることが可能となる。

気象観測設備の概要を表3に示す。

4.3.8. GPSリピータ

観測器に搭載されるGPS受信システムの動作を屋内でも確認できるようにするため、GPSリピータを大気球指令管制

棟の気球組立室と計測器室に設置した。また、NTP サーバやビデオタイマの時刻同期信号とするため、受信管制室にも設置した。SBC での 1 ヶ所から増設されたことになる。これら棟内 3 部屋の GPS リピータは共有の GPS アンテナを棟屋屋上に持ち、L1 信号を放射している。なお、格納庫には既設の GPS リピータがあり、L1/L2 信号を放射する。

4.3.9. 地磁気回転テーブル

観測器に搭載される地磁気センサの校正のため、SBC から地磁気回転テーブル [37] を移設した (図 26-e)。角度計エンコーダを内蔵し、本体および地中基礎は、原則として非磁性材質で構成されている。

4.3.10. コリメーションシステム

受信アンテナの方位校正のため、SBC からコリメーションシステム [8] を移設した (図 26-h)。設置場所は滑走路の南側に位置する既設の架台とした。この架台は SPF プロジェクトにより気象ドップラーレーダ [34] の架台として整備されたものであるが、その後レーダ関連機器は撤去され、架台のみが残っていた。

4.3.11. セキュリティシステム

施設のセキュリティ確保のため、JAXA の統一的な入退室管理システムを大樹航空宇宙実験場の主要施設に導入した。非接触型の IC カードキーによる認証システムである。大気球指令管制棟内のいくつかの区域については異なる認証コードの区域を自主的に設けることで、セキュリティレベルの向上を図っている。格納庫・飛行管制棟・飛行実験棟については、テンキーによる暗証番号入力を認証方法とする既設の機械警備システムも併存している。

4.3.12. 非常用発電機

大気球指令管制棟における商用電源利用は、電気室内のキュービクルにより受電・変圧され、配電される。この商用電源が気球飛翔中などに停電するという不測の事態に備えるため、SBC と同様に非常用発電機を設置した (図 26-f)。発電容量は 55kVA であり、停電から 10 秒以内に始動する。実験の運用に最低限必要な大気球指令管制棟内の設備機器は発電機を介した電力系統に接続されている。燃料は軽油 (ディーゼル) であり、タンク満タンの場合、定格出力換算で 13 時間の連続運転ができる。

なお、商用電源の棟内各部屋への配電に関しては、配電盤の充実化が図られている。特に実験作業を行う各部屋については、通常の単相 100V や D 種 (第 3 種) 接地に加え、3 相 200V、単相 200V、および、A 種 (第 1 種) 接地を確保した。

4.3.13. 音声 (電話・拡声・集音・インターホン) システム

構内の電話設備は、SBC と同様に、電話交換機を介して必要数 (複数) の局線 (外線) および内線に接続可能なものとなっているほか、構内の拡声設備に接続されている。電話回線は ISDN 回線として情報ネットワーク用のバックアップ回線としても利用できる。

また、拡声設備には無線ページングシステムの音声も入力されている。指令室や受信管制室の室内音声を音声ネットワークに入力するための集音ケーブルも敷設された。

構内直通通話設備 (誘導支援設備) としては、事務室内にて玄関の屋内外計 2 ヶ所とインターホンで通話可能としたほか、非常時にはエレベータ内と事務室内との通話を可能とした。

音声システムのネットワーク概念図を図 27-c に示す。

4.3.14. 照明

特記事項としては、フィールド北端に設置した 4 本の照明塔 (図 26-i) を引き抜き可能なものとした。JAXA 内の気球以外の実験計画においてフィールドの平坦性が必要となる可能性があることに対応したものである。また、気球組立室屋内の天井照明灯は高所に設置されているため、メンテナンス性向上のため、オートリフター付きとなっている。

4.3.15. 空気調和システム

大気球指令管制棟内各所の空調機は各部屋にて個別制御が可能であるほか、事務室内にて中央監視制御が可能なものとなっている。



図 26(a) アンテナなどが並ぶ棟屋屋上



図 26(b) SBC から移設したドップラーソーダ



図 26(c) 既設のドップラーソーダ



図 26(d) 既設の VHF レーダ



図 26(e) 地磁気回転テーブル



図 26(f) 非常用発動発電機



図 26(g) LASCOS



図 26(h) コリメーション装置



図 26(i) フィールド照明塔

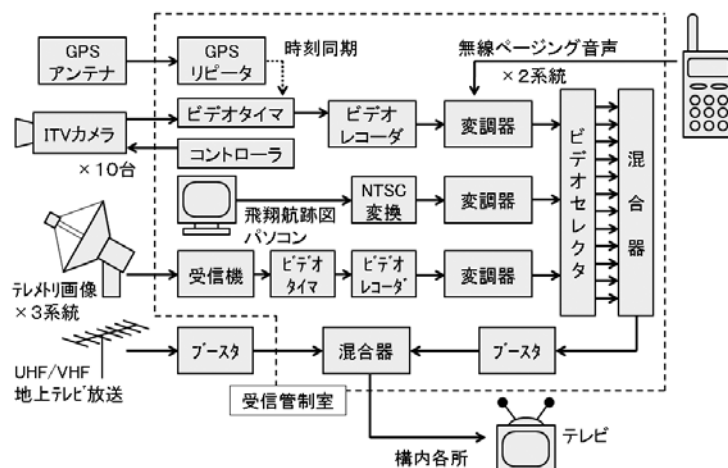


図 27(a) CATV・ITV システム系統図

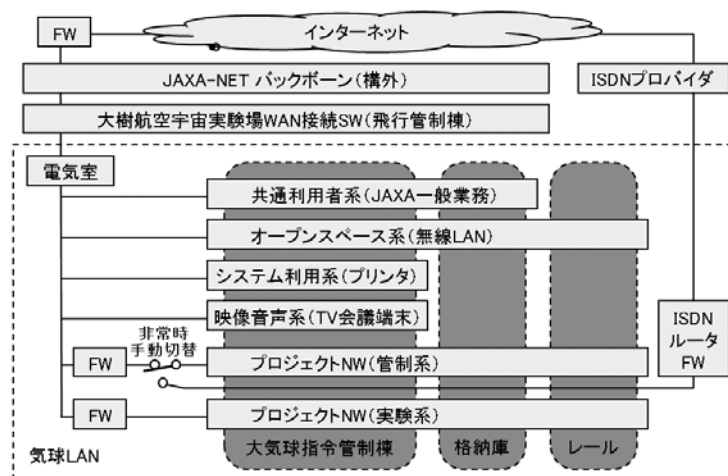


図 27(b) 情報システム系統図

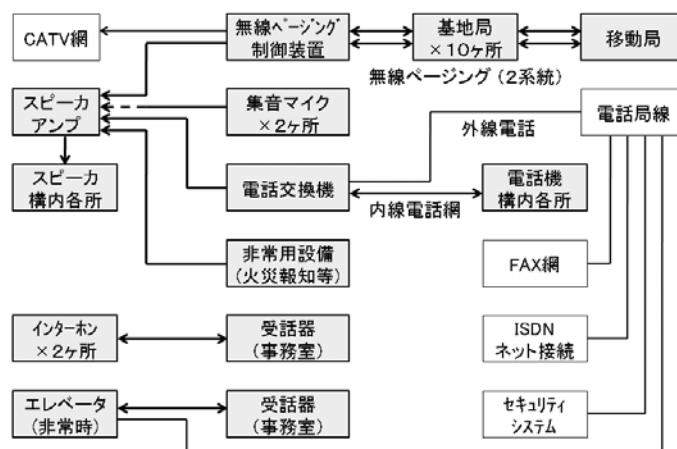


図 27(c) 無線ページング・内線電話等の音声ネットワーク系統図

表3 気象観測設備の概要

観測装置名	観測範囲	時間分解能	観測方法	設置	データ集約場所
風向風速計 (4ヶ所)	設置点 (各棟屋上等)	数秒	直接観測	移設	
風向風速計 (4ヶ所)	設置点 (標準高10m)	数秒	直接観測	既設	
ドップラーソーダ	直上 高度 < 1km	2分	音波 2.1kHz / 10W	移設	
ドップラーソーダ	直上 高度 < 400m	10分	音波 2.5kHz / 800W	既設	
VHFレーダ	直上 高度 0.3 ~ 8km	1分	電波 46.5MHz / 12kW	既設	
GPSゾンデ	飛行航跡上 高度 < 20km超	飛行時 数10分	直接観測	既設 (受信局)	
各国気象協会 (インターネット)	全球(格子点上) 高度 < 約50km	定期的配信	衛星観測や モデル予測等	—	

5. 実験設備の動作実証試験

前章の施設設備整備により、大樹航空宇宙実験場（TARF）における大気球実験実施の環境が整った。そこで、大気球の飛行実験に先立ち、気球実験設備の動作確認が主に以下で述べる2つの試験により行われた。TARFにおける大気球実験は、当面、SBCと同様の時期に第1次および第2次実験として実施されることとなり、これらの動作実証試験は2008年5月からの第1次実験の中で実施された。

5.1. 放球設備の動作実証試験

スライダー放球装置やガス充填装置 [31, 32] などの動作確認のための地上試験が5月29日と30日に実施された（図28, [38]）。気球は丈夫で再使用し易いB15型ウレタン製気球 [39, 40] が、また、ゴンドラは一般的な観測器を模擬したものが用いられた。気球が実際に飛行することがないように荷姿はアンカーロープによって放球台車に結ばれた。2度の地上試験では総浮力が500kgと1,500kgに設定され、格納庫内での気球へのガス充填、スライダー放球装置による屋外搬出、そして放球に至る一連の手順が確認された。これにより、スライダー放球装置を始めとする放球関係設備の動作が実証された。

5.2. 送受信設備の動作実証試験

測風気球を用いた上空との送受信の動作確認が、5月16日に測風ゴム気球（BS08-01）、また、5月19日にBT5型測風ポリエチレン気球（BS08-03）により行われた（図29, 30）。これにより、受信アンテナが気球を正しく追尾し正しい方位を示すことや、事前の地上での試験から期待されたとおりの受信強度やコマンド通信が上空との通信においても確保できることが確認された。また、地上管制システムの動作も確認された。これにより、送受信設備の動作が実証された。なお、2機の測風気球の最大直距離は各々約141km（図29）と約114kmであった。



図 28 ウレタン気球を用いた地上試験の作業風景

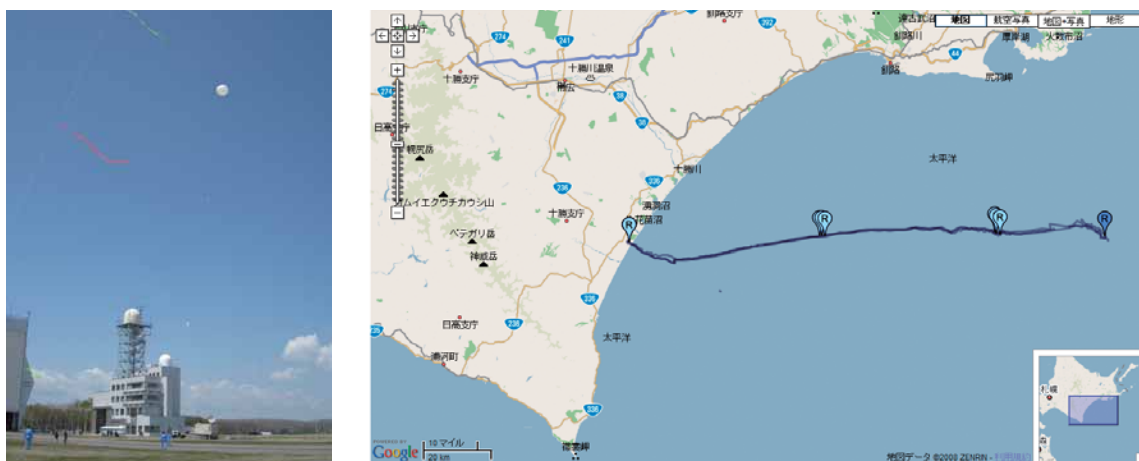


図 29 大樹航空宇宙実験場における最初の測風気球となった BS08-01 の放球風景と飛翔航跡図



図 30 大樹航空宇宙実験場における最初のポリエチレン気球となった測風 BS08-03 の放球風景

6. 大気球の飛翔

前章で述べたとおり気球実験設備の動作が実証されたことを踏まえ、放球・飛翔管制・回収という一連の大気球システムの検証を目的とする2機の大気球実験が計画された。回収は当面、SBCと同様に海上での回収となる。1機目の実験は6月2日に試みられたものの、放球直前に荷姿に不具合が発生し中止された。原因は移転とは無関係なものであった。原因への対策を施した上で地上試験が7月3日に実施され、問題が再現しなかったことから不具合の発生源は解消されたと判断された[41]。

大樹航空宇宙実験場における第1号機への再挑戦は8月23日に実施された。放球されたB100型の気球は放球2時間後に広尾沖東方約60kmの海上にて高度33.5kmにて水平浮遊に入った。その後、気球と切り離された観測器は襟裳北東の沖合約30kmの海上に緩降下され回収された(図31)。

続いて、第1号機よりもさらに大型の気球・大型の観測器・大きな浮力・高い飛翔高度を用いたシステム検証を目的とする第2号機のB08-02実験が、9月5日に実施された。B300型の気球は放球2時間40分後に実験場の北東約40kmの海上にて高度41.2kmで水平浮遊に入った後、大津沖東方約30kmの海上に緩降下され回収された(図32)。

以上2機いずれの実験においても、第1次実験の際に発生したような不具合もなく放球され、飛翔中の通信も問題なく実施された。飛行管制は事前の計画に沿って実施され、降下海域も事前の予想どおりであった。回収作業は航空機(ヘリコプターや小型プロペラ機)による空からの搜索支援のもと、船(地元の漁船や近港のクレーン船)によって実施された。この2機の実験は共に成功したと言える。

この2機の大気球の飛翔を通じて、大樹航空宇宙実験場における大気球の放球・管制・回収という大気球実験システムの健全性が検証され、所定の機能を有することが確認された。これにより、今後の大樹航空宇宙実験場における大気球実験の本格運用に向けた貴重な第一歩を踏み出すことができた。

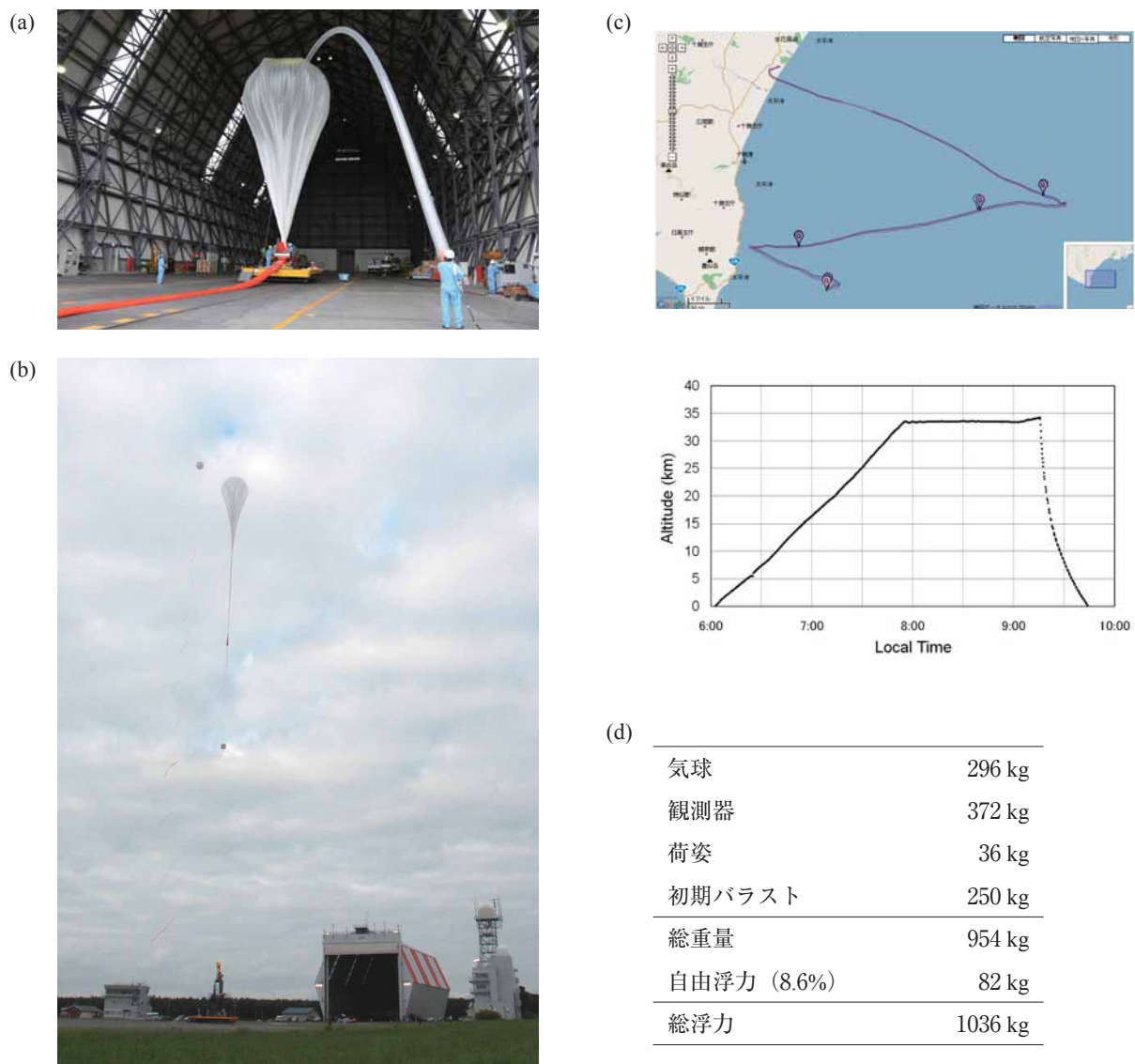


図 31 大樹航空宇宙実験場における第 1 号機の大気球 B08-01. (a) : 格納庫内でのガス充填作業. (b) : 放球直後.
(c) : 飛翔航跡図と高度曲線. (d) : 諸元.

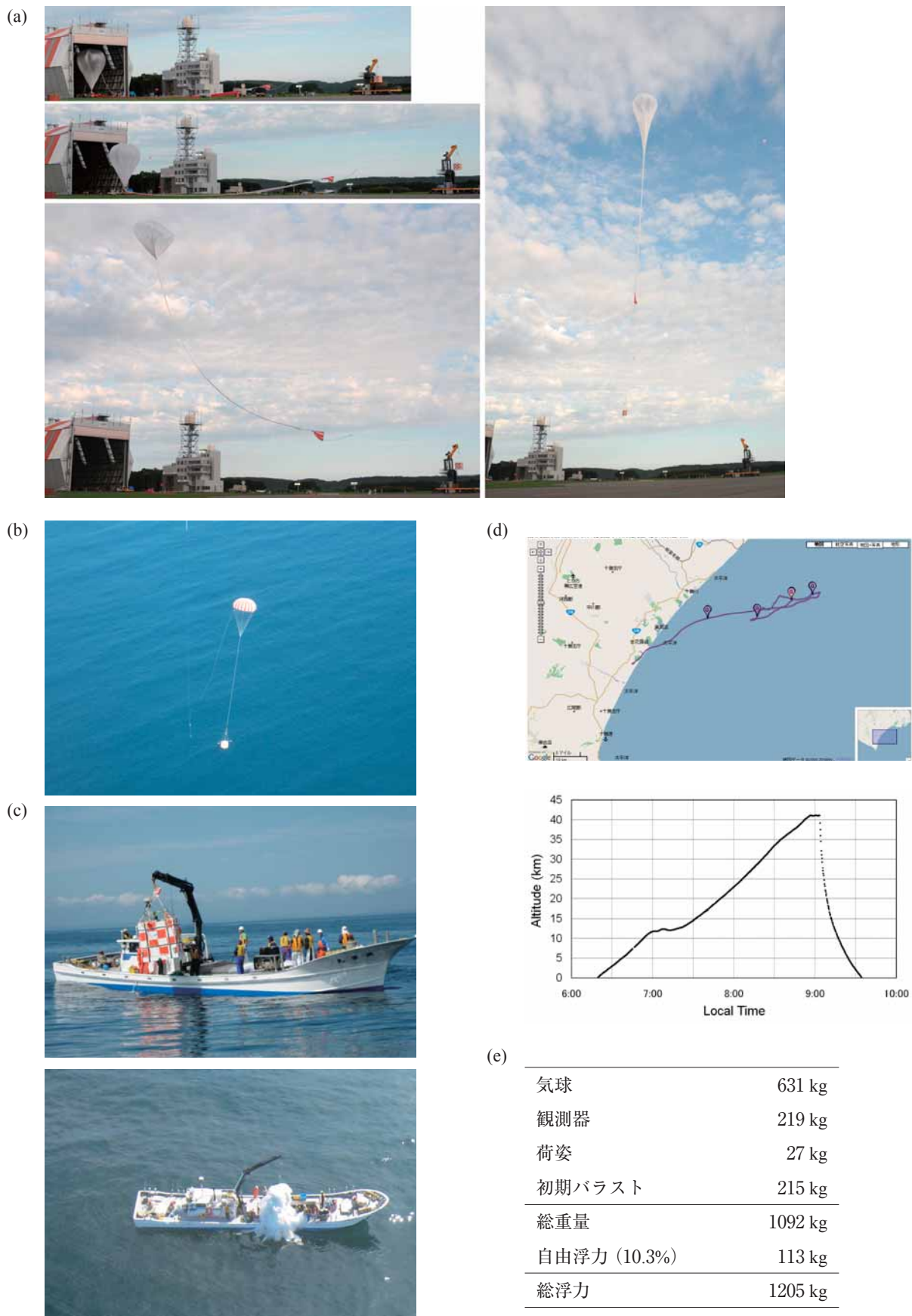


図 32 大樹航空宇宙実験場における第 2 号機の大気球 B08-02. (a)：放球風景. (b)：パラシュートで降下する観測器. (c)：回収作業. (d)：飛翔航跡図と高度曲線. (e)：諸元.

7. まとめ

大気球実験場を三陸大気球観測所から大樹航空宇宙実験場に移転した。移転は2007年度に実施し、2008年3月末に完了した。大気球実験用に整備された施設設備の動作実証を重ねた後、大気球の飛翔実験を実施した。第1号機と第2号機の実験に成功したことで大樹航空宇宙実験場における大気球システムを実証でき、2009年度以降の本格運用開始への扉を開くことができた。

謝 辞

1971年の開所以来長年に亘り、三陸大気球観測所における大気球に御支援、御協力を賜りました三陸の住民の皆様方を始めとする幾多の関係各位、関係各機関に深く感謝申し上げます。

また、大樹航空宇宙実験場への大実験場の移転、ならびに、大樹航空宇宙実験場における大気球実験の開始にあたって御支援、御協力を賜りました大樹町役場、大樹の住民の皆様方、ならびに、関係各方面の皆様方に深く感謝申し上げます。

なお、スライダー放球装置はダイコー株式会社と共同で開発を行いました。観測データ配信システムは有限会社大家システムデザインと共同で開発を行いました。

参考文献

- [1] 花房実 他,「大気球による科学観測の沿革」,東京大学宇宙航空研究所報告 7-1 (1971) 305 - 313.
- [2] 西村純, 広沢春任,「三陸大気球観測所施設および設備の概要」,東京大学宇宙航空研究所報告 9-1 (1973) 121 - 137.
- [3] 並木道義 他,「三陸大気球観測所放球場拡張および気球組立室増設」,大気球シンポジウム(平成10年度), 84 - 87.
- [4] 並木道義 他,「大型放球装置を使用した大気球の放球」,宇宙科学研究所報告 特集 41 (2001) 25 - 34.
- [5] T. Yamagami *et al.*, “Semi-Dynamic Launching Method for Scientific Balloons”, *Adv. Space Res.* **30** (2002) 1145-1148.
- [6] 井筒直樹 他,「B500 型気球の放球と飛翔」,宇宙航空研究開発機構研究開発報告 JAXA-RR-04-015 (2005) 1 - 12.
- [7] 斎藤芳隆 他,「超薄膜型高高度気球の開発(BT'30-1)」,宇宙科学研究所報告 特集 44 (2002) 15 - 25.
- [8] 西村純 他,「遠距離長時間観測用追尾受信装置」,宇宙科学研究所報告 特集 20 (1987) 23 - 41.
- [9] 大樹町ホームページ <http://www.town.taiki.hokkaido.jp/pages/koukuu/>.
- [10] 中館正顕 他,「定点滞空飛行試験結果」,飛行機シンポジウム(2005), 233.
- [11] M. Nakadate: Development and Flight Test of SPF-2 Low Altitude Stationary Flight Test Vehicle, AIAA 2005-7408.
- [12] 竹田繁一,「成層圏プラットフォームプロジェクトについて」,日本航空宇宙学会誌, **629** (2006) 168 - 174.
- [13] 福家英之 他,「気球実験と大樹町多目的航空公園についての考察」,大気球シンポジウム(平成 17 年度), 37 - 40.
- [14] 山田和彦 他,「パラフォイルを用いた誘導型帰還システムの開発」,大気球シンポジウム(平成 17 年度), 49 - 52.
- [15] 山田和彦 他,「パラフォイルを用いた誘導型帰還システムの開発(2)」,大気球シンポジウム(平成 18 年度), 25 - 28.
- [16] 山田和彦 他,「パラフォイルを用いた誘導型帰還システムの開発(3)」,大気球シンポジウム(平成 19 年度), 17 - 20.
- [17] 稲谷芳文 他,「ロックオン方式による有翼飛翔体の打ち上げ」,大気球シンポジウム(平成 4 年度), 30 - 33.
- [18] 澤井秀次郎 他,「気球を利用した極超音速飛翔体の技術実証構想」,大気球シンポジウム(平成 19 年度), 53 - 56.
- [19] 土屋武司 他,「高高度気球を用いた極超音速エンジン小型実験機に対する軌道最適化と概念設計」,日本航空宇宙学会誌, **629** (2006) 266 - 271.
- [20] 澤井秀次郎 他,「気球を利用した無重力実験のための機体開発とそのフライト結果」,日本航空宇宙学会誌, **654** (2008) 339 - 346.
- [21] 福家英之 他,「大樹町への気球実験場の移転」,大気球シンポジウム(平成 19 年度), 33 - 36.
- [22] H. Fuke *et al.*, “Developments of the Sliding Launcher and Related Facilities for the New Japanese Balloon Base”, *Proc. of 26th ISTS (International Symposium on Space Technology and Science, Hamamatsu 2008)*, (submitted to Japan Society for

Aeronautical and Space Sciences (JSASS)).

- [23] 福家英之 他,「大樹航空宇宙実験場における大気球実験の開始」,大気球シンポジウム(平成 20 年度), 25 - 28.
- [24] 吉田哲也 他,「平成 19 年度の大気球実験概要」,大気球シンポジウム(平成 19 年度), 1 - 4.
- [25] 鎌田幸男 他,「三陸大気球観測所放球場と大窪山間の無線中継アンテナの設営」,大気球シンポジウム(平成12年度), 23 - 26.
- [26] 松坂幸彦 他,「スライダー放球装置の開発」,大気球シンポジウム(平成 19 年度), 37 - 40.
- [27] 並木道義 他,「大型放球装置用跳ね上げローラー車の開発」,大気球シンポジウム(平成 13 年度), 75 - 78.
- [28] 河田二郎 他,「大樹航空宇宙実験場における観測データ配信システム」,大気球シンポジウム(平成 20 年度), 33 - 36.
- [29] 並木道義 他,「低高度宇宙通信実験システム」,宇宙科学研究所報告 特集 **37** (1998) 39 - 56.
- [30] M. Namiki *et al.*, “Low Altitude Space Communication System”, *Adv. Space Res.* **26** (2000) 1431-1434.
- [31] 松坂幸彦 他,「新しいヘリウムガス充填装置の開発」,大気球シンポジウム(平成 17 年度), 57 - 60.
- [32] 松坂幸彦 他,「新しいヘリウムガス充填装置の開発(Ⅱ)」,大気球シンポジウム(平成 18 年度), 9 - 12.
- [33] 並木道義 他,「ドップラー音波レーダー」,宇宙科学研究所報告 特集 **44** (2002) 1 - 13.
- [34] 文部科学省 第 1 回成層圏プラットフォーム研究開発に関する懇談会(平成 17 年), 配布資料1-4-1-2-別添.
- [35] 君野珠宏, 及川博史,「成層圏プラットフォーム研究開発と運用に必要な気象予測技術について」,日本気象学会機関紙「天気」**52-10** (2005) 791 - 795.
- [36] 井筒直樹 他,「気球飛翔QLシステム」,大気球シンポジウム(平成 15 年度), 35 - 38.
- [37] 並木道義 他,「三陸大気球観測所設備の更新」,大気球シンポジウム(平成 14 年度), 17 - 20.
- [38] 高田淳史 他,「スライダー放球装置の実証試験」,大気球シンポジウム(平成 20 年度), 29 - 32.
- [39] 雛田元紀 他,「繊維強化気球の開発(Ⅲ)」,大気球シンポジウム(平成 3 年度), 27 - 33.
- [40] 藤井正美 他,「ウレタン布気球の開発」,大気球シンポジウム(平成 3 年度), 34 - 37.
- [41] 吉田哲也 他,「平成 20 年度の大気球実験概要」,大気球シンポジウム(平成 20 年度), 1 - 4.